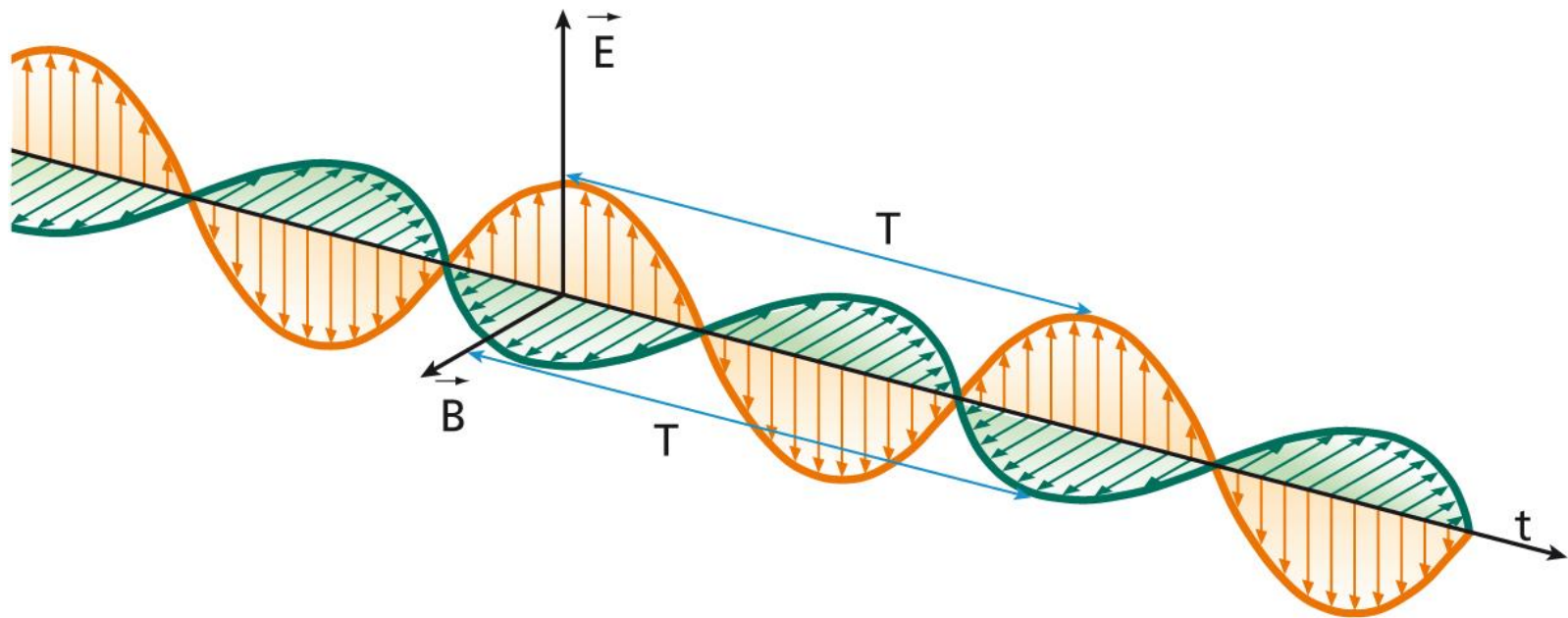


LE ONDE ELETTROMAGNETICHE



Il campo elettromagnetico

Campo elettromagnetico	Sorgenti
Campo elettrico	<ul style="list-style-type: none">• Cariche ferme e in movimento• Campi magnetici variabili
Campo magnetico	<ul style="list-style-type: none">• Cariche in movimento (correnti elettriche)• Campi elettrici variabili

Maxwell sistemò in una teoria unitaria tutte le leggi dei fenomeni elettrici e magnetici.

In questa teoria i due tipi di campi sono due aspetti di una stessa entità: il **campo elettromagnetico**, ossia un ente costituito da un campo elettrico e uno magnetico, inseparabili uno dall'altro.



James Clerk Maxwell (1831–1879)

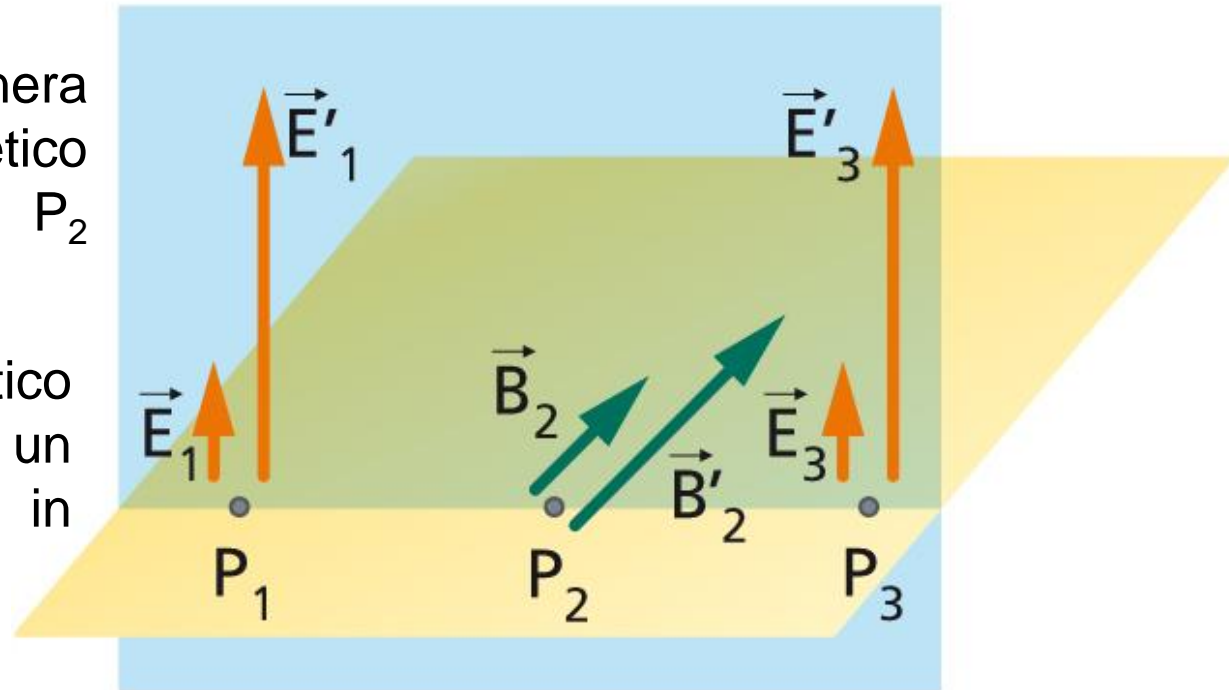
La propagazione del campo elettromagnetico

Consideriamo una carica Q e la muoviamo, facendola oscillare tra due punti.

Per effetto del movimento di Q , in un punto P_1 si genera un campo elettrico variabile.

Questo, a sua volta, genera un campo magnetico variabile in un punto P_2 spostato rispetto a P_1 .

Ma il campo magnetico variabile in P_2 crea un campo elettrico indotto in un altro punto P_3 .



La propagazione del campo elettromagnetico

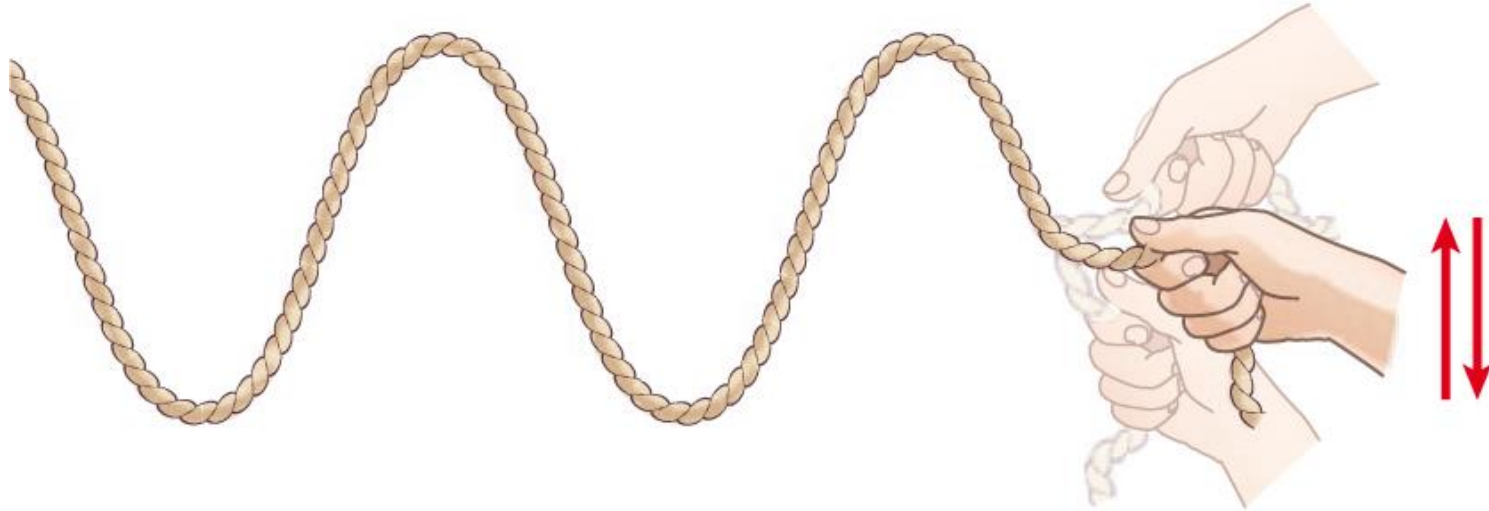
Generalizzando si può affermare che *ogni volta che in un punto dello spazio è presente un campo magnetico (o elettrico) variabile, si produce nei punti immediatamente vicini un campo elettrico (o magnetico) anch'esso variabile che produrrà a sua volta un campo magnetico (o elettrico) , e così via.*

Nello spazio si avrà quindi una successione di campi elettrici e magnetici concatenati tra loro e di conseguenza, ogni variazione nel tempo di uno di loro si trasmetterà ai punti successivi con un meccanismo analogo a quello con cui avviene la propagazione delle onde elastiche.

Si chiamerà **onda elettromagnetica** l'insieme di un campo elettrico e di un campo magnetico variabili nel tempo, con cui avviene la propagazione nello spazio delle azioni elettromagnetiche.

Le onde elettromagnetiche

Un'onda elettromagnetica trasporta energia e continua a propagarsi anche quando la carica che l'ha generata smette di muoversi.



Il campo elettromagnetico si propaga come un'onda.

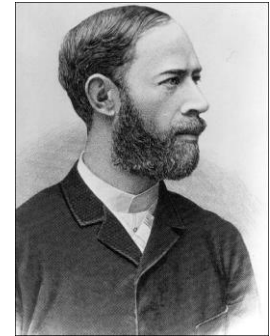
Diversamente dalle onde meccaniche, che si propagano solo in un mezzo elastico, le onde elettromagnetiche si propagano anche nello spazio vuoto, privo di materia.

Nelle onde elettromagnetiche infatti non oscilla un mezzo materiale, ma le intensità dei campi elettrico e magnetico variano nello spazio e nel tempo.

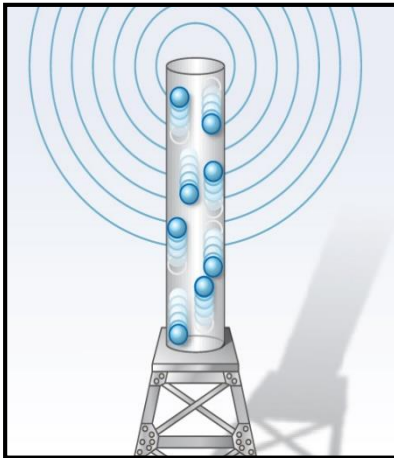
L'antenna trasmittente

L'esistenza di un'onda elettromagnetica, prevista teoricamente da Maxwell nel 1861, fu provata sperimentalmente dal fisico tedesco Hertz in una serie di esperimenti compiuti tra il 1886 e il 1889.

L'esperimento cruciale fu compiuto da Hertz che, nel 1887, costruì la prima antenna trasmittente e ricevente.

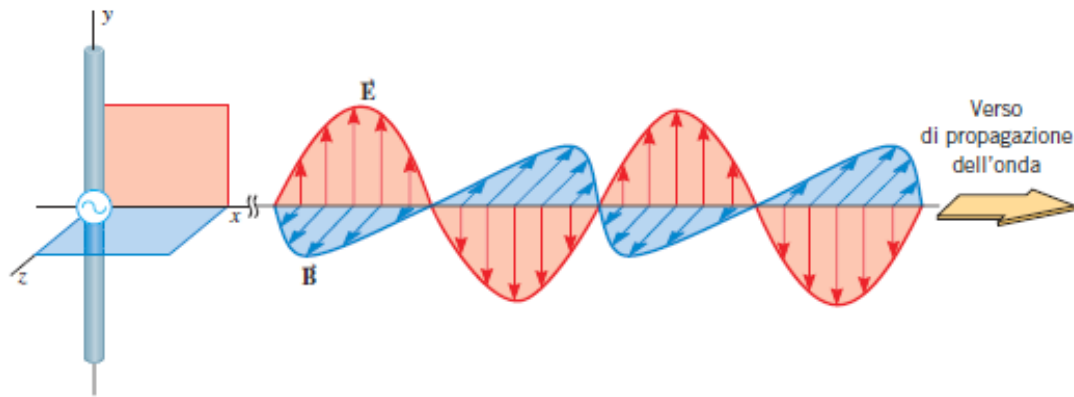


H. R. Hertz 1857-1894



Un'**antenna trasmittente** è una struttura di metallo, lungo la quale gli elettroni vengono fatti oscillare avanti e indietro molto rapidamente. Il moto degli elettroni è guidato dalla tensione fornita da un apposito circuito oscillante, che determina la frequenza f .

Le proprietà delle onde elettromagnetiche



La velocità dell'onda

Maxwell, oltre a prevedere l'esistenza delle onde elettromagnetiche, dimostrò che la velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nello spazio vuoto è:

$$v_{\text{onde elettromagnetiche}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

Il valore numerico di tale quantità è: $2,998 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

$$\frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = c.$$

dove ϵ_0 e μ_0 sono rispettivamente le costanti dielettrica del vuoto e la permeabilità magnetica del vuoto.

Dimostrazione

Questo valore numerico è quindi uguale alla velocità della luce misurata nel vuoto \longrightarrow Maxwell concluse che:

La luce è una particolare onda elettromagnetica.

Le onde elettromagnetiche si propagano in un mezzo con velocità

$$v = \frac{c}{n}$$

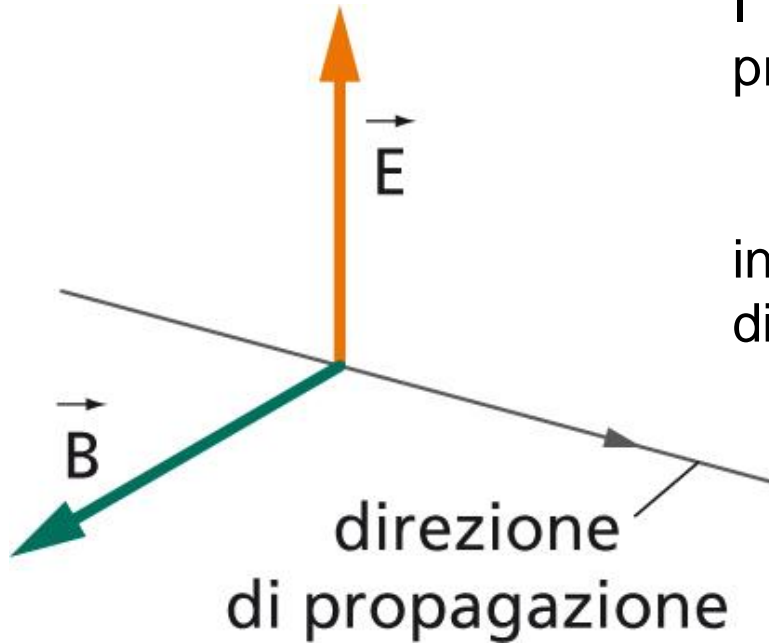
dove n è l'indice di rifrazione del mezzo.

Le onde elettromagnetiche sono trasversali

I campi \mathbf{E} e \mathbf{B} sono perpendicolari e proporzionali tra loro

$$E = cB.$$

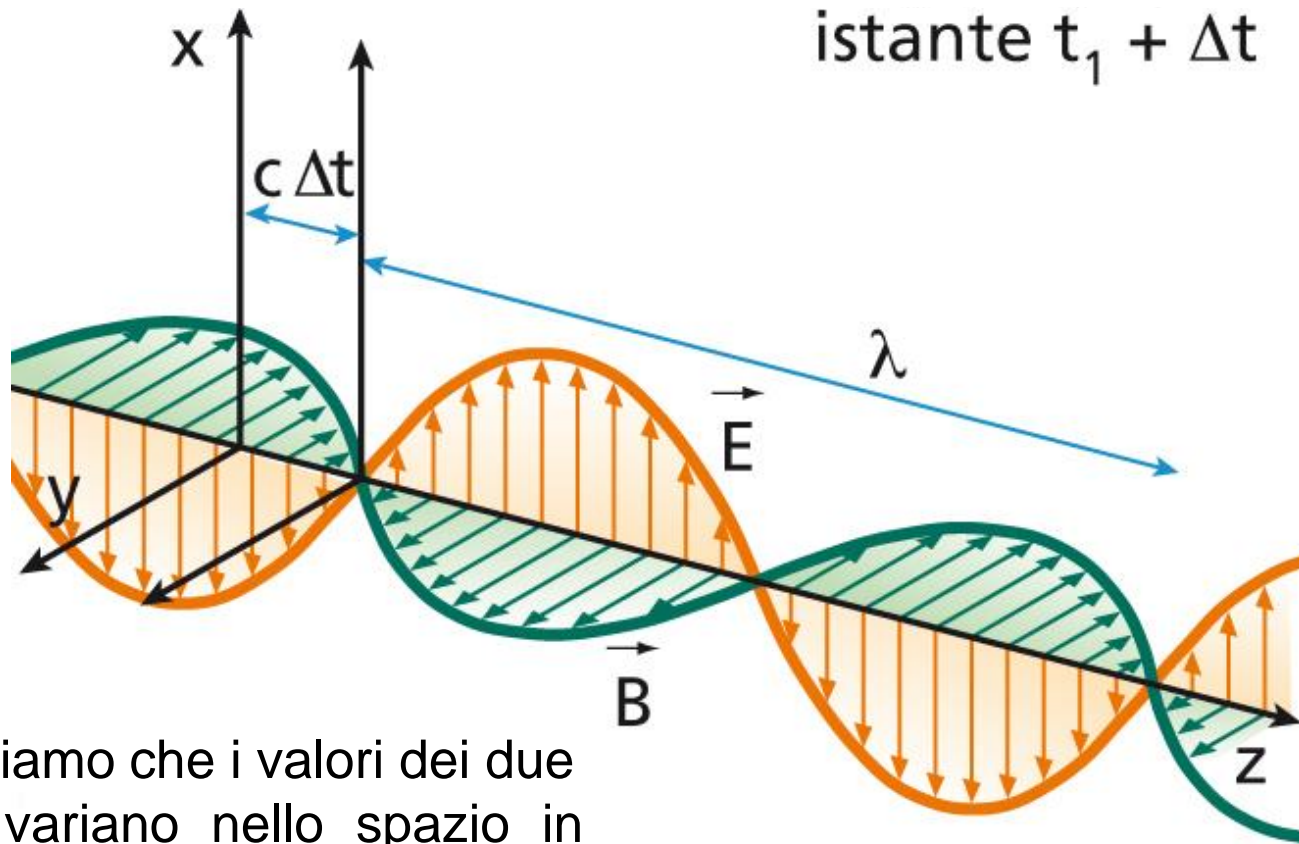
inoltre sono perpendicolari alla direzione di propagazione dell'onda.



Quindi: **l'onda elettromagnetica è un'onda trasversale**

Le proprietà delle onde elettromagnetiche

L'onda elettromagnetica nello spazio



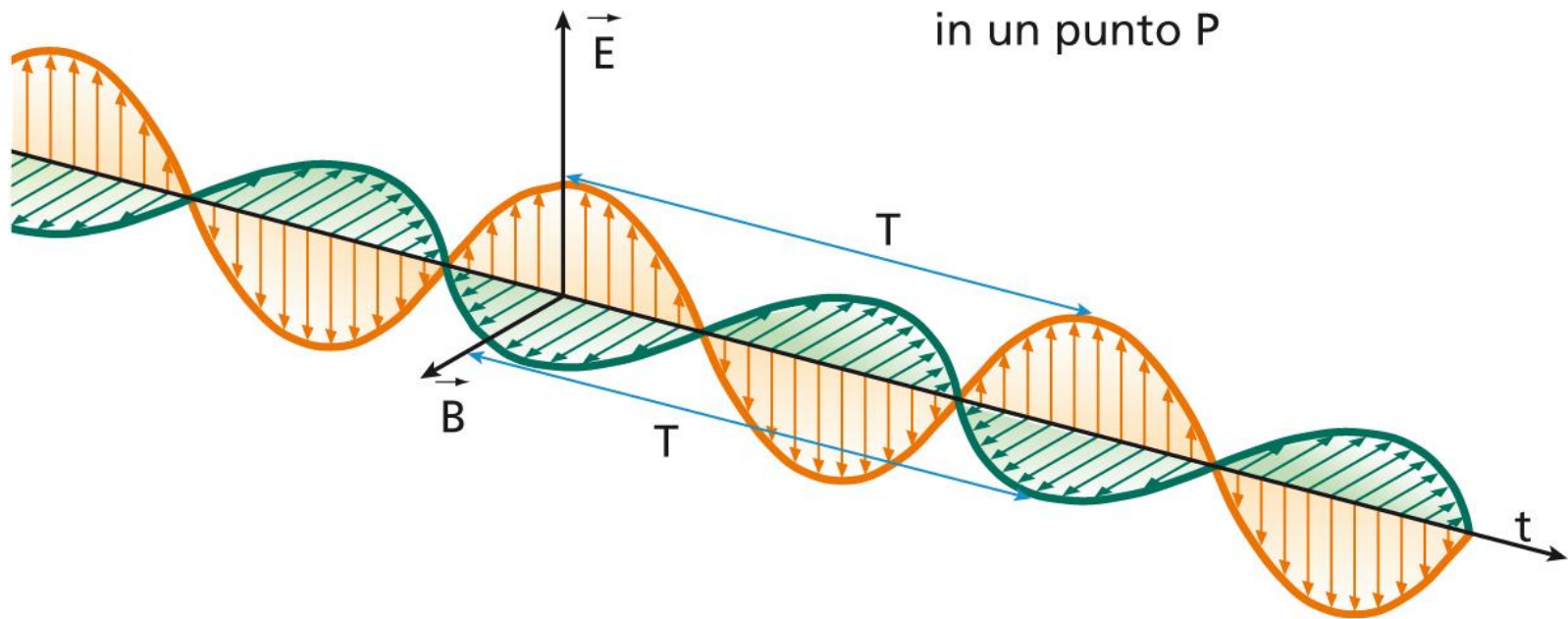
Osserviamo che i valori dei due campi variano nello spazio in modo regolare, descrivendo un'onda che ha lunghezza d'onda λ .

Dopo un intervallo di tempo Δt l'intera onda si è spostata del tratto $c \Delta t$, dove c è la velocità della luce nel vuoto.

L'onda elettromagnetica nel tempo

In un punto fissato, i campi \vec{E} e \vec{B} oscillano in modo concorde, entrambi con frequenza f .

$$f = \frac{1}{T}$$

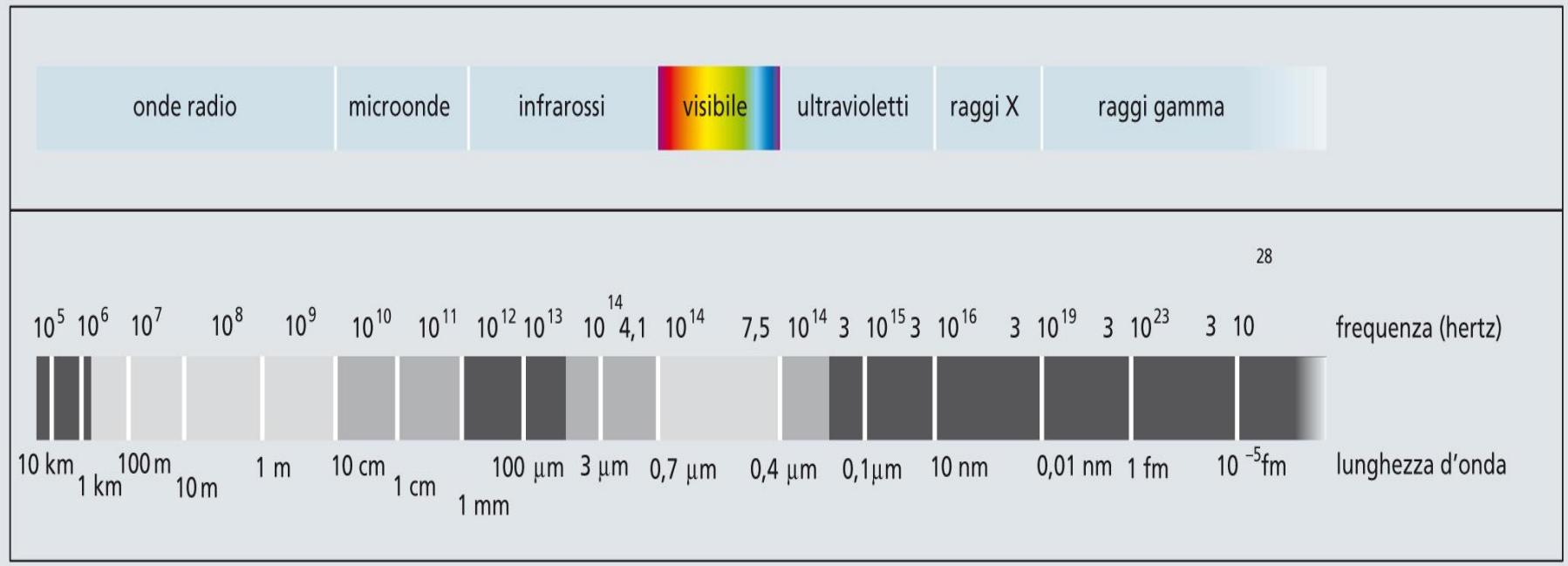


Le proprietà delle onde elettromagnetiche

Riassumendo...

Grandezza che oscilla	La perturbazione che si propaga nello spazio è costituita dal campo elettrico e dal campo magnetico
Tipo di onda	Sono onde trasversali: i campi \vec{E} e \vec{B} sono perpendicolari alla direzione di propagazione dell'onda (e anche perpendicolari tra loro)
Materiale in cui si propagano	A differenza di quelle elastiche o di quelle acustiche, le onde elettromagnetiche possono propagarsi anche nel vuoto (oltre che nell'aria, nell'acqua e in altri materiali trasparenti a esse)
Origine	Sono generate dalle cariche che subiscono delle accelerazioni, in particolare dalle cariche che oscillano
Grandezze e relazioni	T : periodo dell'oscillazione; f : frequenza; v : velocità di propagazione $f\lambda = v, \quad \lambda = \frac{v}{f}, \quad f = \frac{v}{\lambda}$
Velocità di propagazione	È massima nel vuoto, dove vale $v = c = 3,00 \times 10^8$ m/s

Lo spettro elettromagnetico

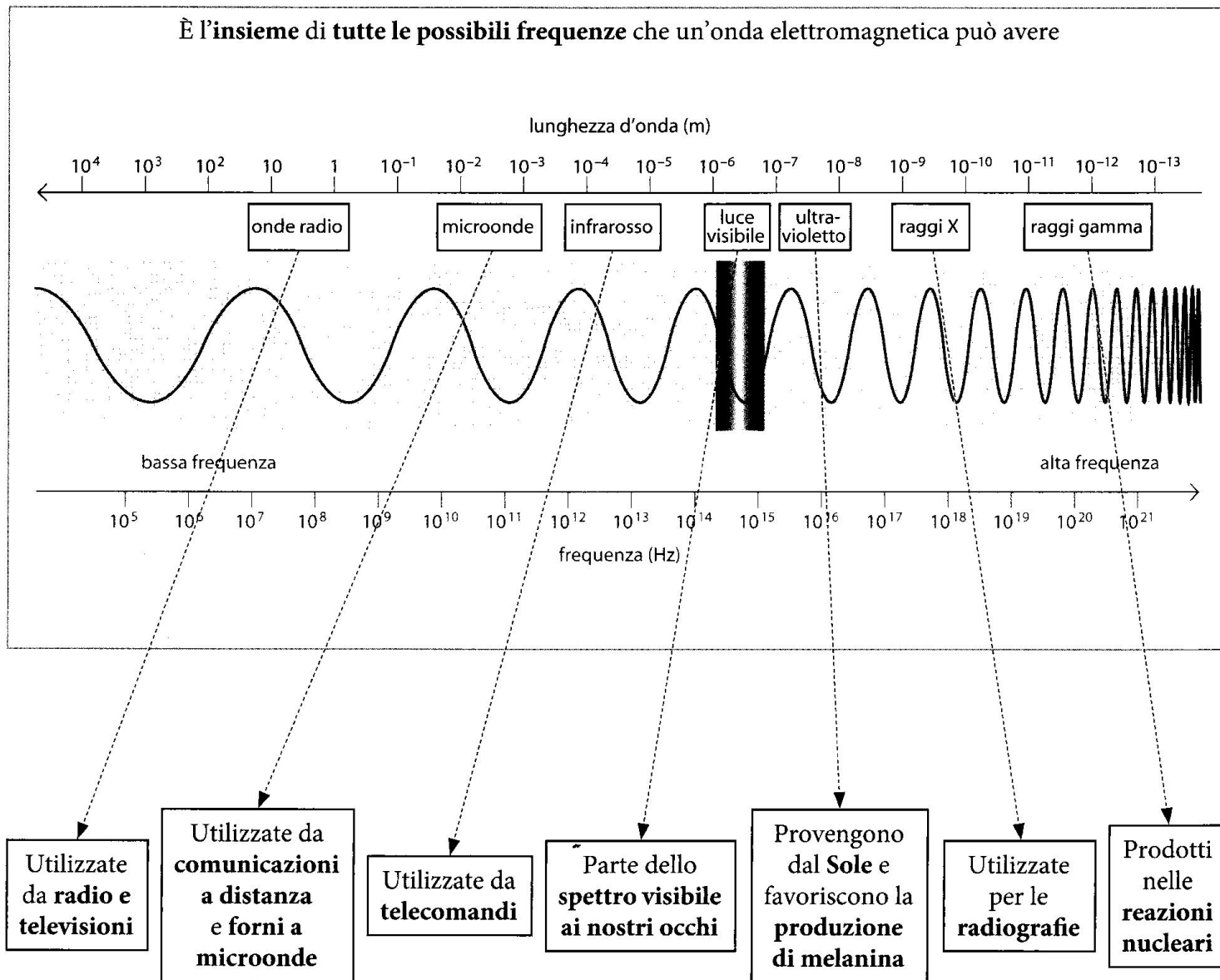


Si chiama **spettro elettromagnetico** l'insieme delle frequenze delle onde elettromagnetiche.

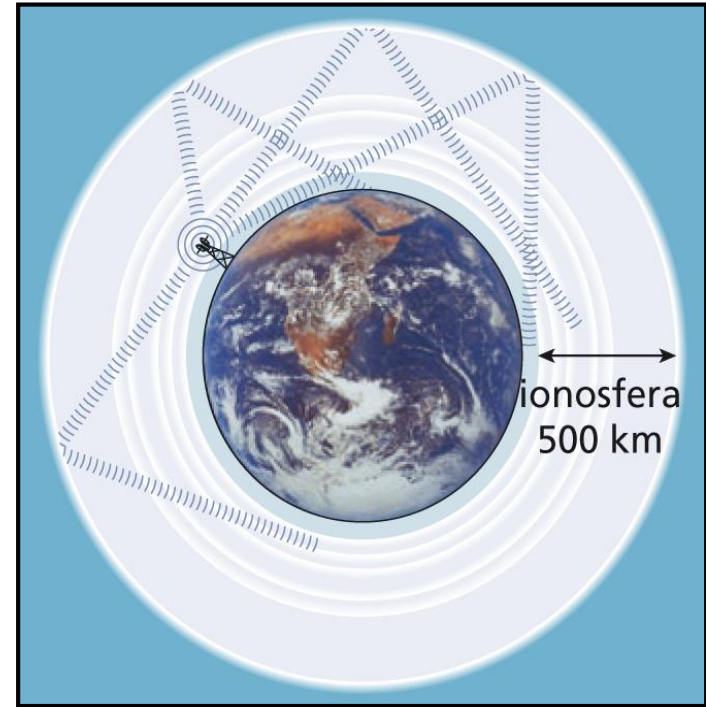
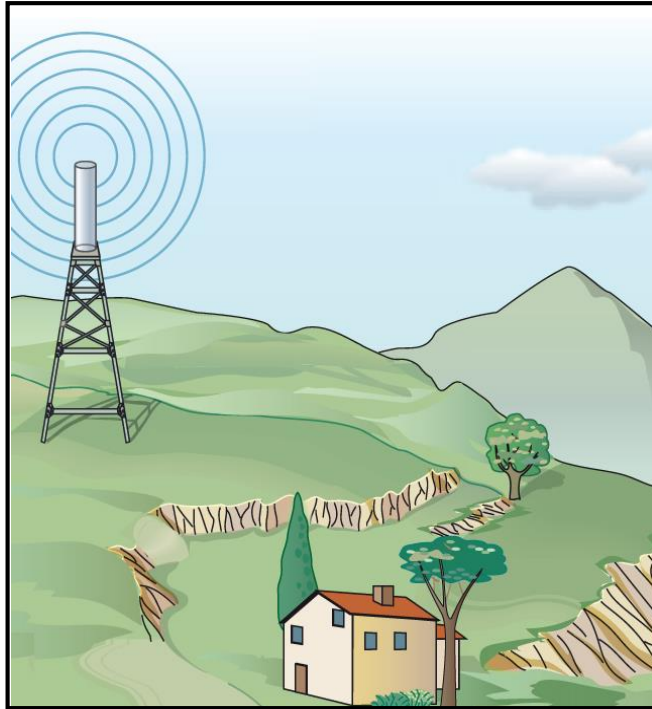
Storicamente, alle regioni dello spettro sono stati assegnati nomi come onde radio e onde infrarosse. Anche se il confine fra regioni adiacenti è indicato in figura con una linea verticale, in realtà questo confine non è netto e le regioni spesso si sovrappongono.

Lo spettro elettromagnetico

È l'insieme di tutte le possibili frequenze che un'onda elettromagnetica può avere



Le onde radio



Le **onde radio** occupano la parte a **bassa frequenza** dello spettro, con lunghezze d'onda comprese **tra 10 km e 10 cm**.

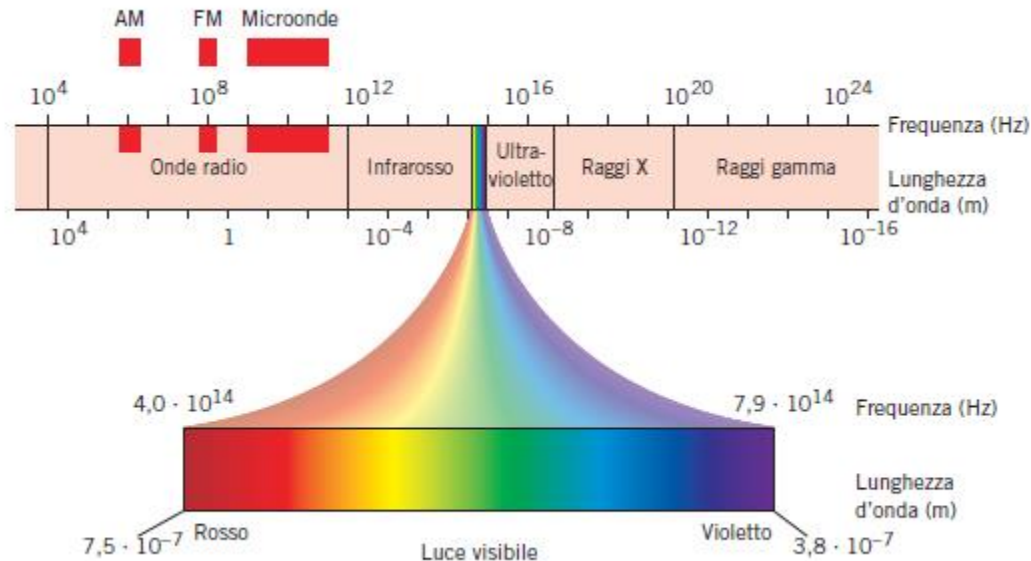
Le **onde radio** sono utilizzate per le trasmissioni radiofoniche e televisive e sono generate da circuiti oscillanti.

Le onde radio

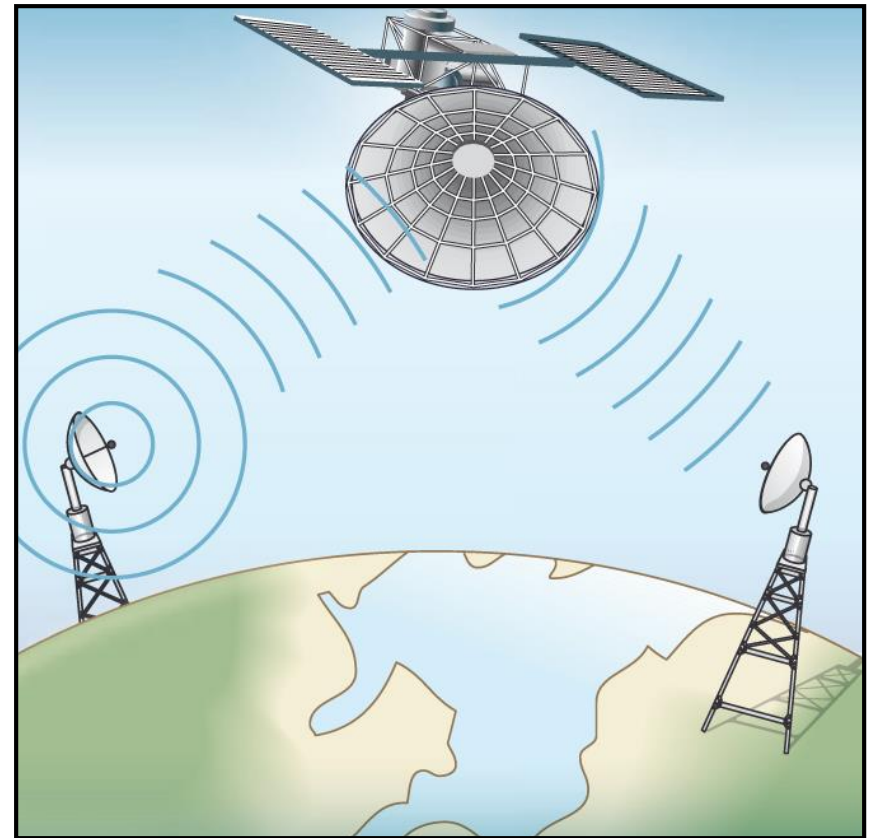
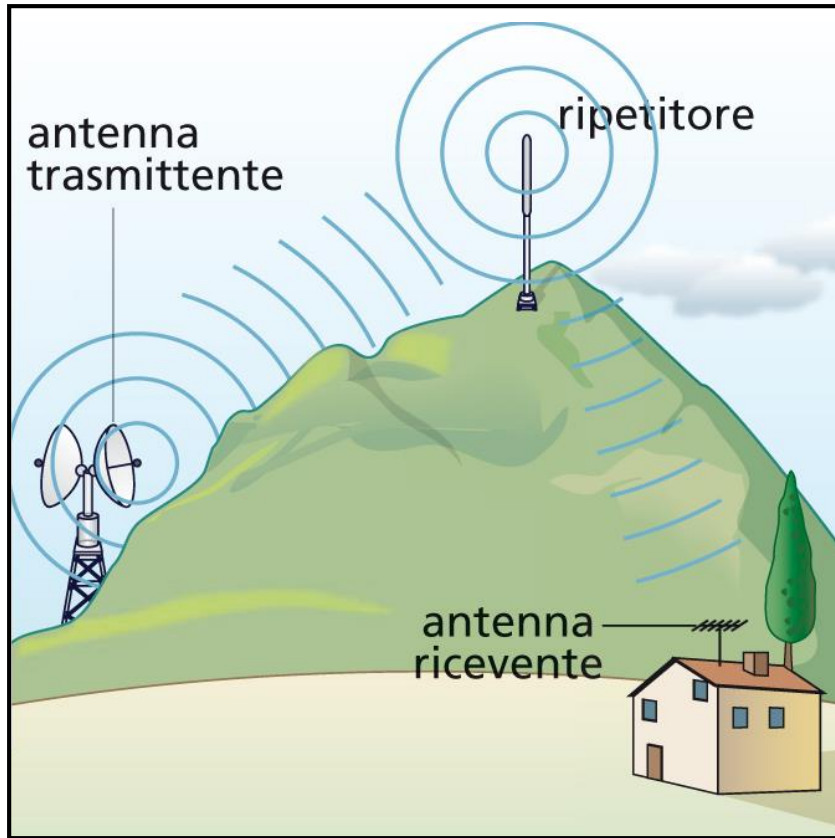
Sappiamo che la diffrazione è il fenomeno per cui le onde sono in grado di aggirare un ostacolo e che è tanto maggiore quanto più grande è la lunghezza d'onda.

Le onde radio AM hanno una lunghezza d'onda molto maggiore, e quindi una maggior capacità di aggirare ostacoli come per esempio alture o edifici, rispetto alle onde radio FM.

Ciò spiega perché la ricezione delle radio FM è più disturbata rispetto a quella delle radio AM.



I segnali televisivi



I segnali televisivi viaggiano su onde che hanno lunghezza d'onda dell'ordine del metro.

Le microonde



La lunghezza d'onda delle microonde è compresa tra qualche decina di centimetri e il millimetro.

Le **microonde** conoscono vari usi, per esempio nella telefonia mobile: un telefono cellulare emette onde con una frequenza di circa 900 MHz, cioè con una lunghezza d'onda di 30 cm.

Il **forno a microonde** genera onde elettromagnetiche di frequenza 2,45 GHz, cioè con lunghezza d'onda di circa 12 cm.

Le molecole d'acqua presenti nei cibi sono messe in rotazione dal campo elettrico dell'onda e quindi acquistano energia che trasferiscono ai cibi aumentandone la temperatura.

Anche i **radar** emettono microonde che sono riflesse da oggetti metallici. Misurando l'intervallo di tempo fra l'emissione e l'arrivo dell'onda riflessa si determina con grande precisione la distanza dell'oggetto che l'ha riflessa.

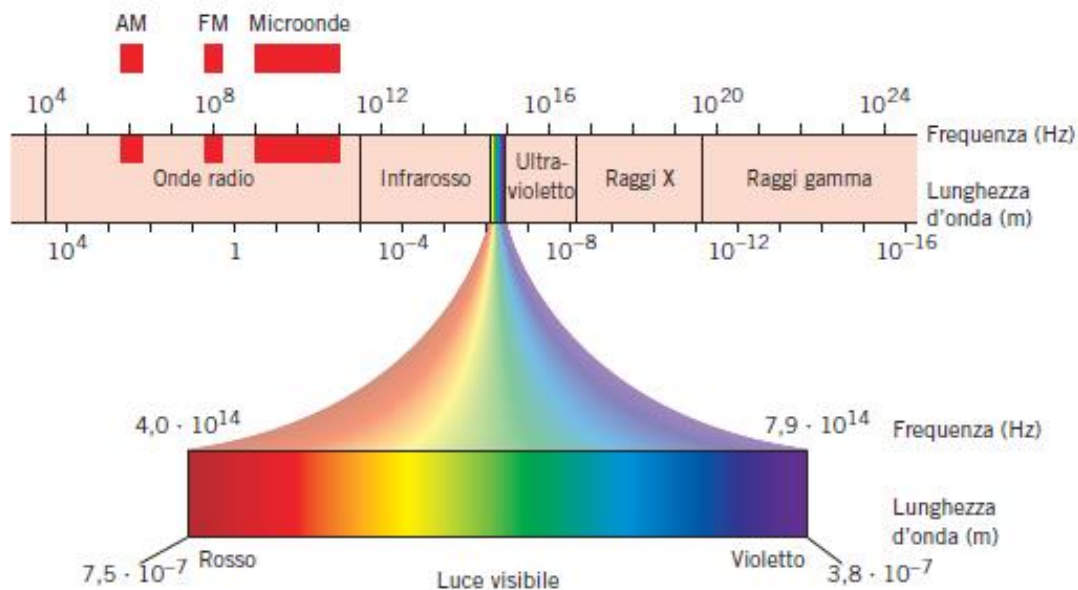
La radiazione visibile

La **radiazione visibile** è costituita dalle onde elettromagnetiche che percepiamo sotto forma di luce.

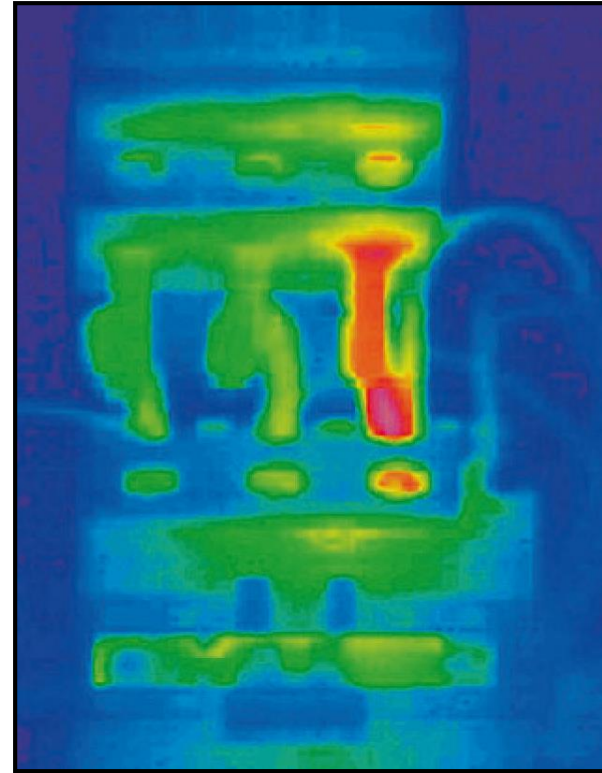
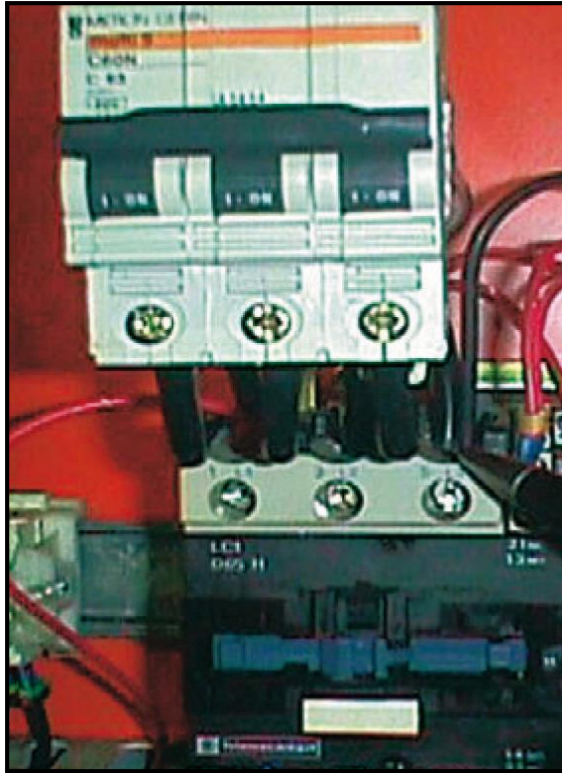


Questa parte dello spettro elettromagnetico è compresa tra la lunghezza d'onda di 7×10^{-7} m (rosso) e 4×10^{-7} m (violetto).

Fra questi due limiti si trovano tutti gli altri colori.



La radiazione infrarossa




A lunghezze d'onda maggiori di 7×10^{-7} m e fino a 1 mm si trova la **radiazione infrarossa**.

La radiazione infrarossa

Le **radiazioni infrarosse** sono generate dalla vibrazione e dalla rotazione delle molecole all'interno di un materiale.

Quando le radiazioni infrarosse sono assorbite dalla nostra pelle sentiamo una sensazione di calore.

Esistono sistemi che consentono di visualizzare le radiazioni infrarosse emesse da un corpo: mediante un opportuno codice è possibile associare a ogni temperatura un particolare colore e realizzare fotografie come questa 



Un **termometro a infrarossi** rileva la temperatura del corpo misurando la quantità di radiazione infrarossa emessa dal timpano e dai tessuti circostanti.

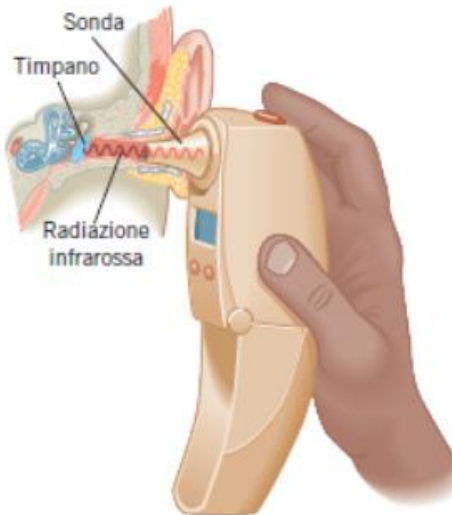
L'orecchio è uno degli organi più adatti alla misurazione della temperatura corporea perché è vicino all'ipotalamo, l'area del cervello che regola la temperatura del corpo.

La radiazione infrarossa

L'orecchio inoltre non viene raffreddato o riscaldato durante le normali funzioni corporee come mangiare, bere o respirare.

Quando la sonda del termometro viene inserita nel canale uditivo la radiazione infrarossa incide sul sensore, che si scalda e cambia la sua resistenza.

Questa variazione è misurata da un circuito elettronico, che calcola la temperatura corporea e mostra il risultato su un display digitale.

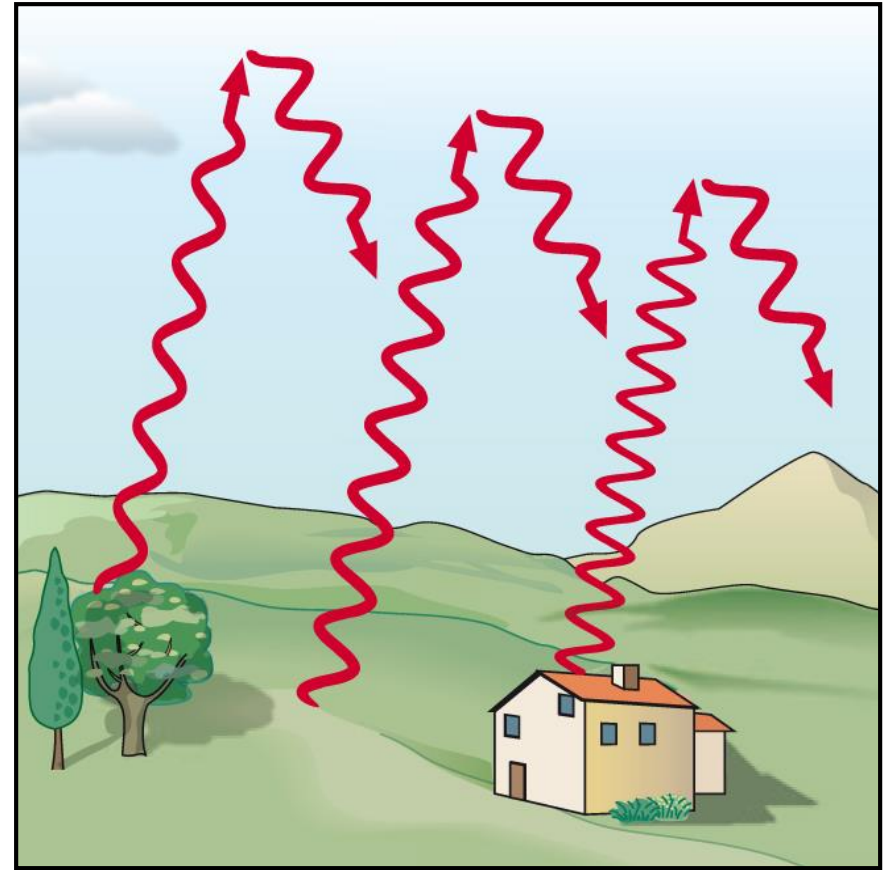
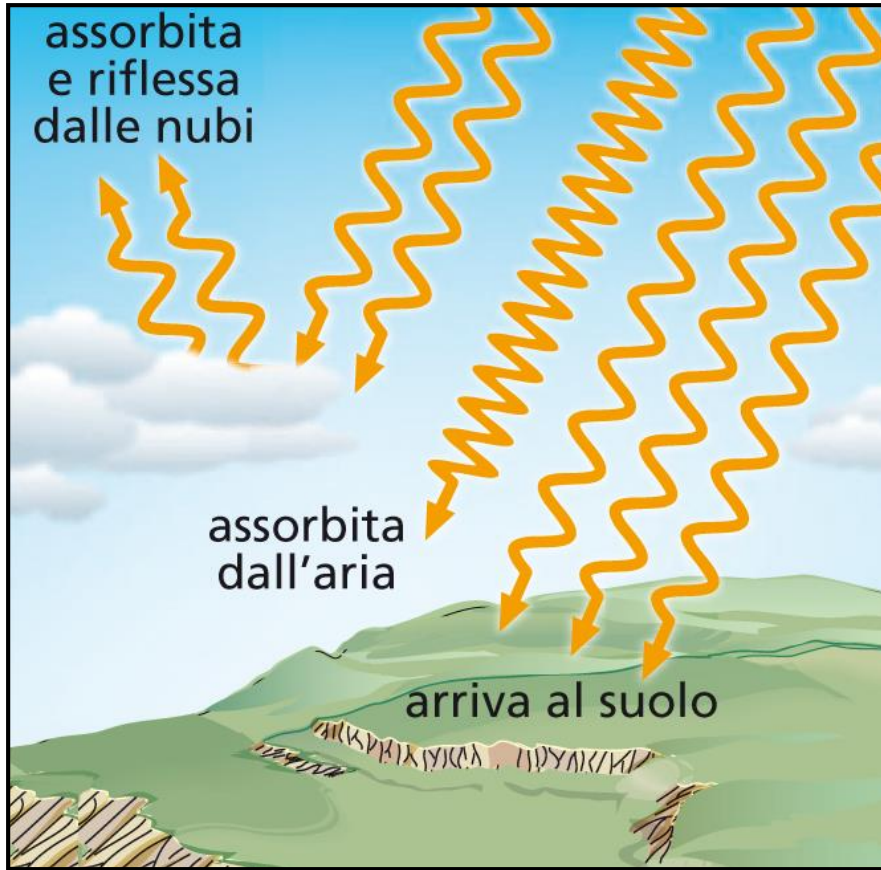


Astronomia a raggi infrarossi

Grazie alle radiazioni infrarosse è possibile osservare corpi celesti “freddi” altrimenti invisibili.



L'effetto serra



Il biossido di carbonio è trasparente alla luce visibile, ma assorbe le radiazioni infrarosse.

La radiazione ultravioletta

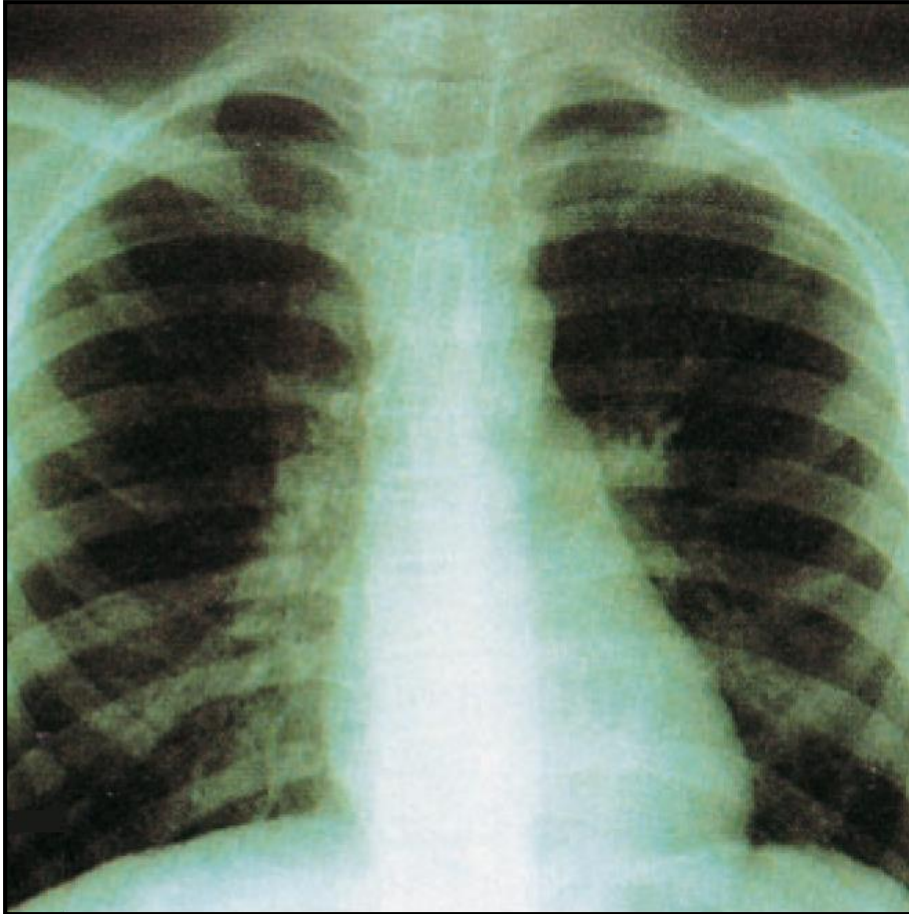
A lunghezze d'onda minori di 4×10^{-7} m e fino a 10^{-8} m si trova la **radiazione ultravioletta**.

I raggi ultravioletti hanno la proprietà di favorire diverse **reazioni chimiche**, come la produzione di melatonina nella pelle, ma un'eccessiva esposizione può procurare **danni gravi** proprio alla pelle e agli occhi.

Il Sole emette intensamente nell'ultravioletto nelle bande UV-A (400-315 nm), UV-B (315-280 nm) e UV-C (280-10 nm).

L'atmosfera terrestre assorbe quasi tutta la banda UV-B: quindi per esporsi al sole è bene usare una crema con un filtro UV-A.

I raggi X



I raggi X hanno lunghezze d'onda comprese tra 10^{-8} m e 10^{-11} m.

Sono diffusamente impiegati in medicina perché attraversano i tessuti molli ma sono assorbiti dalle ossa.

Poiché hanno lunghezze d'onda comparabili con le distanze interatomiche, i raggi X sono usati in cristallografia per studiare i reticoli cristallini.

I raggi gamma

A lunghezze d'onda minori di 10^{-11} m si trovano i **raggi gamma**.

Sono trasmessi naturalmente dai nuclei durante le **trasformazioni radioattive** e le **reazioni nucleari**.

I raggi gamma hanno una grande capacità di **ionizzare gli atomi** e possono essere **pericolosi** per gli esseri viventi.

Si tratta di radiazioni molto penetranti che trovano largo impiego per esempio nella sterilizzazione di strumenti chirurgici, perché uccidono i batteri su cui incidono.

I raggi gamma sono usati anche nella radioterapia dei tumori perché danneggiano il DNA delle cellule neoplastiche.

Riassumendo ...

Il campo elettromagnetico

